代乳品和开口料对哺乳中后期羔羊生长性能、血清生化指标和营养物质表观消化率的影响

付宇阳　白云峰*　涂远璐　高立鹏　严少华

（江苏省农业科学院，六合动物科学基地，南京 210014）

摘　要：本试验旨在研究代乳品和开口料的饲喂对哺乳中后期羔羊生长性能、血清生化指标和营养物质表观消化率的影响。选择体重相近的 30 日龄羔羊 75 只，随机分成 5 组，每组 3 个重复，每个重复 5 只。各组分别饲喂代乳品 1+开口料（A 组）、代乳品 1（B 组）、代乳品 2（C 组）、母乳+开口料（D 组）和母乳（E 组）。分别在 30、40、50、60、70 日龄称重并对体尺进行测量，68~70 日龄连续收集 3 d 粪样测定营养物质表观消化率，在 70 日龄颈静脉采血测定血清生化指标。结果表明：1）30、40、50、60、70 日龄 D 组体重、体长、体高、胸围高于 A、E 组，E 组高于 B 组，B 组与 C 组间差异不显著（$P > 0.05$）；但 60～70 日龄期间，A 组平均日增重显著高于 D 组（$P < 0.05$），B 组显著高于 E 组（$P < 0.05$）。2）血清尿素氮含量及谷丙转氨酶、谷氨酰转移酶、乳酸脱氢酶活性组间差异不显著（$P > 0.05$）；血清总蛋白和甘油三酯含量 D 组显著高于 A 组（$P < 0.05$），E 组甘油三酯含量显著高于 B、C 组（$P < 0.05$）；血清白蛋白和球蛋白含量 A、D、E 组之间差异不显著（$P > 0.05$），但 D 组有增高趋势，E 组显著高于 B、C 组（$P < 0.05$）；血清葡萄糖含量 A、D、E 组显著高于 B、C 组（$P < 0.05$）；A 组血清碱性磷酸酶活性显著高于其他各组（$P < 0.05$）；B、C 组之间上述血清生化指标差异均不显著（$P > 0.05$）。3）各营养物质采食量 A 组显著高于 B、C 组（$P < 0.05$），B、C 组之间差异不显著（$P > 0.05$）;干物质、钙、磷表观消化率差异不显著（$P > 0.05$）;粗蛋白质、总能、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维表观消化率 A 组显著高于 B、C 组（$P < 0.05$），且 B、C 组差异不显著（$P > 0.05$）。由此可见，代乳品和开口料的饲喂对羔羊生长性能、血清生化指标及营养物质表观消化率有不同程度的影响，羔羊代乳品加开口料的饲喂模式可实现羔羊的早期断奶，具有一定的推广价值。

关键词：羔羊；代乳品；生长性能；血清生化指标；营养物质表观消化率

中图分类号：S826

收稿日期：2016-09-14

基金项目：江苏省农业自主创新基金[cx(15)1003]; 公益性（农业）行业科研专项（201203050-4）

作者简介：付宇阳（1992-），女，河南周口人，硕士研究生，从事家畜营养生态学研究。E-mail: 1263162896@qq.com

*通信作者：白云峰，研究员，硕士生导师，E-mail: blinkeye@126.com

目前，哺乳期的山羊常因饲料营养物质供应不足、一胎多羔、乳房炎等原因，造成母羊产后泌乳不足，导致哺乳期羔羊成活率的大幅下降，严重影响养羊生产经济效益[1]。为此，探索一种适宜的羔羊培育途径，研究开发营养全面、易于吸收、成本低的羔羊代乳品对养羊生产实践具有重要意义。羔羊代乳品的研究在发达国家起步较早，广泛地研究了不同原料和不同营养水平的代乳品对羔羊生长性能、血清生化指标、免疫性能和营养物质消化率等方面的影响[2-4]。我国近年来随着养羊业快速发展，国内学者也对羔羊代乳品进行了深入研究，并利用现代化加工方式研制出羔羊专用代乳品[5-6]。目前，市场上羔羊代乳品主要为固态代乳品，经水冲调后直接饲喂羔羊，由于此类代乳品价格较高，大多养殖户不愿接受，推广应用受到很大制约，而关于以大豆为主要原料直接做成液态羔羊代乳品的研究未见报道。鉴于此，本试验在分析力山羊乳成分的基础上，依母乳营养成分含量配制代乳品 1 及高于母乳蛋白质和氨基酸水平的代乳品 2 饲喂羔羊，并补饲开口料，旨在研究饲喂代乳品和开口料对早期断奶羔羊生长性能、血清生化指标和营养物质表观消化率的影响，以期为代乳品配方的制定及实际生产中代乳品和开口料的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验动物

试验所选的羔羊为波尔公羊与苏淮母羊的杂交后代，公母各占 1/2。试验于 2016 年 4 月 20 日开始，至 2016 年 5 月 30 日结束。试验地点在江苏省农科院六合动物科学基地试验羊场。

1.2 试验设计

选择 30 日龄、体重相近的 75 只羔羊，随机分为 5 组（A、B、C、D、E 组），每组 15 只羔羊，每 5 只为 1 个重复。其中，A 组饲喂代乳品 1（依据山羊母乳成分配制）并补饲开口料；B 组饲喂代乳品 1；C 组饲喂代乳品 2（蛋白质和氨基酸水平高于山羊母乳）；D 组哺喂母乳并补饲开口料；E 组哺喂母乳。代乳品组成及营养水平见表 1，开口料组成及营养水平见表 2。

表 1　代乳品组成及营养水平(干物质基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of milk replacers (DM basis)　　%

项目 Items	代乳品 1 Milk replacer 1		代乳品 2 Milk replacer 2	
	30~50 日龄 30 to	51~70 日龄 51 to	30~50 日龄 30 to	51~70 日龄 51

	50 days of age	70 days of age	50 days of age	to 70 days of age
原料 Ingredients				
大豆 Soybean	50.00	45.08	60.00	50.00
大米 Rice	9.16	13.76	3.62	8.78
奶粉 Milk powder	8.73	5.00	1.65	10.28
乳清粉 Whey powder	20.24	21.36	22.36	19.77
植物油 Vegetable oil	8.72	11.70	9.07	8.19
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.30	0.30	0.62	0.30
石粉 Limestone	1.35	1.30	1.18	1.18
食盐 NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]				
干物质 DM	86.68	83.93	86.52	87.15
消化能 DE/（MJ/kg）	17.50	17.75	17.50	17.50
粗蛋白质 CP	25.00	23.00	27.20	25.20
粗脂肪 EE	21.60	23.58	21.84	21.29
乳糖 Lactose	16.00	16.00	16.00	16.00
中性洗涤纤维 NDF	14.24	14.96	14.75	14.83
酸性洗涤纤维 ADF	5.44	5.52	5.08	5.14
钙 Ca	1.00	0.95	1.00	0.95
磷 P	0.78	0.80	0.80	0.78
蛋氨酸 Lys	0.40	0.36	0.42	0.41
赖氨酸 Met	1.56	1.41	1.69	1.58

[1)]每千克预混料含有 Provided the following per kg of the premix：VA 3 000 000 IU，VD_3 4 000 000 IU，VE 3 g，VK 0.19 g，VB_1 0.05 g，VB_2 0.5 g，VB_6 0.05 g,VB_{12} 0.2 mg，泛酸钙 calcium pantothenic acid 0.92 g，烟酸 nicotinic acid 2.04 g，Mg 1.20 g，Zn 6.48 g，Fe 4.00 g，Cu 0.82 g，Mn 4.00 g，Se 0.41 g，I 2.68 g，Co 0.045 g，微生态制剂 micro-ecological preparation 100 g。下表同 The same as below。

[2)] 营养水平除了消化能、乳糖为计算值外均为实测值。Nutrient levels were measured values， except that ME and EE were calculated values.

表 2 开口料组成及营养水平(干物质基础)

Table 2 Composition and nutrient levels of the starter (DM basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	51.00
膨化大豆 Expanded soybean	18.00
豆粕 Soybean meal	10.00
麦麸 Wheat bran	5.00
乳清粉 Whey powder	13.00

石粉 Limestone	1.40
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.80
食盐 NaCl	0.50
预混料 Premix	0.30
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels	
干物质 DM	88.93
消化能 DE	14.12
粗蛋白质 CP	17.52
中性洗涤纤维 NDF	15.13
酸性洗涤纤维 ADF	6.41
钙 Ca	0.94
磷 P	0.57

营养水平除了消化能外均为实测值。Nutrient levels were measured values， except that ME was a calculated value.

1.3 代乳品的制作及饲喂

本试验所用的代乳品是自配代乳品，采用破壁机制作，方法为准确称取如表 1 比例所示的大豆、大米、奶粉、乳清粉、食用油、预混料，将大豆、大米浸泡数小时后置于高压锅中煮熟，将煮过的大豆、大米和奶粉、乳清粉、预混料、食用油一并加入破壁机中，加温开水（水料比为 4:1），定时 1 min 并启动，制作完成(《使用破壁机制作羔羊人工乳的一种方法》，专利号：201610541652.5)。将制作好的代乳品倒入奶瓶中，直接饲喂羔羊。30～40 日龄，每日饲喂 3 次，分别于 08:00、13:00、17:00 饲喂，每只饲喂代乳品 1 500 g/d，41～70 日龄，每日饲喂 2 次，分别于 08:00、15:00 饲喂，每只饲喂代乳品 2 000 g/d，饲喂量根据羔羊实际情况有所调整。

1.4 饲养管理

饲喂代乳品的组羔羊断奶后与母羊分圈饲养，每 5 只羔羊 1 个圈舍，每圈约 15 m^2。哺喂母乳的组羔羊与母羊同圈饲养。补饲开口料的组用专门的羔羊补料器进行补饲，每日添加 1 次，自由采食与饮水。试验期间，每日准确记录羔羊代乳品及开口料的采食量，每日清理 1 次补料槽，定期消毒。母羊每只饲喂混合精料 1 000 g/d，并补饲优质青贮料，每日饲喂 2 次、自由饮水与运动。

1.5 指标测定

在羔羊 30、40、50、60、70 日龄早晨空腹称体重，并在羔羊自然站立状态下用测仗、

卷尺测量其体高（脊胛最高点到地面的垂直距离）、体长（肩端至坐骨结节后端的直线距离）、胸围（肩胛后端绕胸 1 周的长度），同时观察各羔羊的精神状况及腹泻情况。68~70 日龄连续收集 3 d 粪样，对于公羔，将自制的收粪袋套在羔羊尾部，每日 09:00 收集 1 次，对于母羔，单栏饲养，在地面上铺塑料布，每日从塑料布上收集羔羊粪 3 次，记录每只羔羊每日排粪量，按总重 10%采样，再将每只羊的粪样单独混合，并按每 100 g 鲜粪中加入 10%的稀盐酸 10 mL 固氮，-20 ℃保存，用酸不溶灰法测定粪中营养物质含量并计算表观消化率。在 70 日龄晨饲前进行颈静脉采血 10 mL，离心后血清进行送检。粗蛋白质含量用凯氏定氮仪（Manon-K9840）以凯氏定氮法（GB/T 6432-94）进行测定；干物质含量用恒温干燥箱以 105 ℃恒温干燥法进行测定；中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量用纤维分析仪（ANKOM-A2000i/A200i）以酸碱消煮法进行测定；总能用全自动快速能量仪（OR-2010）以氧弹测定法（GB/T213-2008）进行测定；钙含量用原子吸收分光光度计（SP-3500/3800）以原子吸收光谱法（GB/T 13885-2003）进行测定；磷含量用紫外可见分光光度计（UV-2800/2802）以钼酸铵分光光度法（GB/T 6437-2002）进行测定。

1.6 统计分析

试验数据采用 SPSS 20.0 统计软件中的单因素方差分析（one-way ANOVA）和 Duncan 氏法多重比较进行分析，$P<0.05$ 为差异显著。试验结果以平均值±标准误（mean±SE）表示。

2 结 果

2.1 体重、平均日增重

由表 3 可知，5 组羔羊在 30 日龄的体重无显著差异（$P>0.05$）；随着羔羊饲喂时间的增加，羔羊的体重均有不同程度的升高。在 40、50 日龄时，E 组羔羊体重显著高于 B 组（$P<0.05$），60、70 日龄时，B、E 组羔羊体重差异不显著（$P>0.05$）。在 50、60 日龄时，D 组羔羊体重显著高于 A 组（$P<0.05$），70 日龄时，A、D 组羔羊体重差异不显著（$P>0.05$）。试验期间 A、B 组之间及 D、E 组之间羔羊体重差异虽不显著（$P>0.05$），但 A 组体重一直高于 B 组，D 组体重一直高于 E 组。B、C 组羔羊体重差异始终不显著（$P>0.05$）。

B、E 组平均日增重在 30～40 日龄期间，E 组显著高于 B 组（$P<0.05$），在 40～50 日龄期间，B、E 组差异不显著（$P>0.05$），50～60 日龄和 60~70 日龄期间，B 组显著高于 E 组（$P<0.05$），全期平均日增重 E 组显著高于 B 组（$P<0.05$）。A、D 组羔羊平均日增重在

30～40 日龄和 40~50 日龄期间，D 组显著高于 A 组（$P < 0.05$），50～60 日龄期间，A、D 组差异不显著（$P > 0.05$），60～70 日龄期间，A 组显著高于 D 组（$P < 0.05$），全期平均日增重 D 组显著高于 A 组（$P < 0.05$）。在各日龄阶段，A、B 组羔羊平均日增重差异不显著（$P > 0.05$），但全期平均日增重 A 组显著高于 B 组（$P < 0.05$）。在 30~40 日龄和 40～50 日龄期间，D、E 组羔羊平均日增重差异不显著（$P > 0.05$），50~60 日龄、60～70 日龄期间及全期，D 组羔羊平均日增重显著高于 E 组（$P < 0.05$）。B、C 两组羔羊平均日增重差异始终不显著（$P > 0.05$）。

表 3　不同饲喂方式对羔羊体重、平均日增重的影响

Table 3　Effects of different feeding methods on body weight and average daily gain of lambs

项目 Items	日龄 Days of age	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	D 组 Group D	E 组 Group E
体重 Body weight/kg	30	7.47±0.13	7.40±0.36	7.21±0.14	7.52±0.22	7.59±0.12
	40	8.42±0.22^{ab}	8.16±0.35^{b}	8.11±0.34^{b}	9.60±0.30^{a}	9.38±0.28^{a}
	50	9.53±0.23^{bc}	9.29±0.37^{c}	9.27±0.46^{c}	11.50±0.37^{a}	10.96±0.55^{ab}
	60	11.62±0.22^{b}	11.06±0.39^{b}	11.14±0.56^{b}	13.57±0.45^{a}	12.58±0.58^{ab}
	70	14.20±0.30^{ab}	13.35±0.37^{b}	13.25±0.51^{b}	15.73±0.46^{a}	14.18±0.57^{ab}
平均日增重 Average daily gain/（g/d）	30~40	95.10±12.26^{b}	76.50±13.21^{b}	90.50±23.04^{b}	208.40±14.13^{a}	179.00±20.96^{a}
	40~50	110.40±8.24^{b}	113.00±7.42^{b}	116.50±15.40^{b}	189.70±13.84^{a}	158.00±30.35^{ab}
	50~60	209.50±5.33^{a}	177.00±9.01^{a}	187.40±12.87^{a}	207.00±13.40^{a}	162.00±8.34^{b}
	60~70	258.00±6.62^{a}	229.00±14.73^{ab}	210.60±6.34^{b}	216.30±7.07^{b}	160.00±13.41^{c}
	全期 Whole period	168.25±3.62^{b}	148.88±5.89^{c}	151.25±11.31^{c}	205.35±8.28^{a}	164.75±12.21^{b}

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（P＜0.05），相同或无小写字母表示差异不显著（P＞0.05）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant differences (P＜0.05), while with the same or no small letter superscripts mean no significant differences (P＞0.05). The same as below.

2.2　体尺

由表 4 可知，整个试验期，B、E 组体高、体长、胸围差异不显著（$P > 0.05$），但 E 组有增高趋势。整个试验期，D 组羔羊体长、体高、胸围均高于 A 组，在 70 日龄时，A、D 组差异不显著（$P > 0.05$）。整个试验期，A、B 组羔羊的体高、体长、胸围差异不显著（$P > 0.05$），A 组有增高趋势。整个试验期，D、E 组羔羊的体高、体长差异不显著（$P > 0.05$）。整个试验期，B、C 组羔羊的体高、体长、胸围差异不显著（$P > 0.05$）。

表 4　不同饲喂方式对羔羊体尺的影响

Table 4　Effects of different feeding methods on body size of lambs　　cm

项目 Items	日龄 Days of age	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	D 组 Group D	E 组 Group E
体高	30	39.40±0.72	40.40±0.77	40.85±0.95	40.05±0.78	40.58±0.64
Body height	40	41.25 ± 0.82^{b}	40.75 ± 0.72^{b}	41.05 ± 0.80^{b}	42.65 ± 0.68^{a}	41.75 ± 0.50^{ab}
	50	44.03 ± 0.74^{b}	43.38 ± 0.75^{b}	43.89 ± 0.86^{b}	45.40 ± 0.77^{a}	44.50 ± 0.55^{ab}
	60	47.62 ± 0.72^{b}	47.09 ± 0.69^{b}	47.34 ± 0.87^{b}	49.89 ± 0.75^{a}	48.43 ± 0.58^{ab}
	70	50.92 ± 0.80^{ab}	49.35 ± 0.77^{b}	49.25 ± 0.76^{b}	51.43 ± 0.73^{a}	50.78 ± 0.66^{ab}
体长	30	37.84±0.62	37.40±0.57	37.15±0.87	38.05±0.65	37.68±0.53
Body length	40	39.95 ± 0.53^{b}	39.75 ± 0.54^{b}	39.60 ± 0.97^{b}	41.45 ± 0.58^{a}	40.75 ± 0.59^{ab}
	50	41.93 ± 0.54^{b}	41.38 ± 0.55^{b}	41.39 ± 0.84^{b}	43.40 ± 0.75^{a}	42.50 ± 0.58^{ab}
	60	44.82 ± 0.56^{ab}	44.09 ± 0.43^{b}	44.34 ± 0.78^{b}	45.89 ± 0.63^{a}	44.73 ± 0.64^{ab}
	70	47.42 ± 0.63^{ab}	46.35 ± 0.72^{b}	46.25 ± 0.92^{b}	48.13 ± 0.64^{a}	47.78 ± 0.93^{ab}
胸围	30	44.25±0.96	44.70±0.88	44.67±0.65	44.35±0.55	44.37±0.34
Heart girth	40	45.65 ± 0.67^{b}	45.75 ± 0.89^{b}	45.50 ± 0.98^{b}	46.75 ± 0.43^{a}	45.95 ± 0.56^{b}
	50	47.80 ± 0.93^{b}	47.36 ± 1.21^{b}	47.89 ± 0.93^{b}	49.40 ± 0.48^{a}	48.50 ± 0.70^{ab}
	60	50.62 ± 0.94^{b}	49.54 ± 1.36^{b}	49.44 ± 1.18^{b}	51.89 ± 0.54^{a}	51.43 ± 1.00^{ab}
	70	53.88 ± 0.85^{ab}	52.42 ± 0.93^{b}	52.52 ± 0.86^{b}	54.16 ± 0.77^{a}	53.78 ± 0.78^{ab}

2.3　血清生化指标

由表 5 可知，5 组羔羊血清中尿素氮含量及谷丙转氨酶、谷氨酰转移酶、乳酸脱氢酶活性差异不显著（$P > 0.05$）。血清白蛋白和球蛋白含量 A、D、E 组差异不显著（$P > 0.05$），但 D 组有增高趋势，D 组显著高于 B、C 组（$P < 0.05$），B、C 组差异不显著（$P > 0.05$）。血清总蛋白含量 A、B 组及 D、E 组差异不显著（$P > 0.05$），D 组显著高于 A 组（$P < 0.05$）。血清葡萄糖含量 A、D 组差异不显著（$P > 0.05$），E 组含量显著高于 B 组（$P < 0.05$），B、C 组差异不显著（$P > 0.05$）。血清甘油三酯含量 D 组显著高于 A 组（$P < 0.05$），E 组显著高于 B 组（$P < 0.05$），A、B、C 组差异不显著（$P > 0.05$）。血清谷草转氨酶活性 A、B、C、D 组差异不显著（$P > 0.05$）。血清碱性磷酸酶活性 A 组显著高于 D 组（$P < 0.05$），B、C、D 组差异不显著（$P > 0.05$）。

表 5　不同饲喂方式对羔羊血清生化指标的影响

Table 5　Effects of different feeding methods on serum biochemical indexes of lambs

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C	D 组 Group D	E 组 Group E
总蛋白 TP/(g/L)	62.80 ± 1.17^{b}	61.70 ± 1.37^{b}	63.73 ± 0.62^{b}	69.17 ± 1.52^{a}	64.57 ± 0.52^{ab}
白蛋白 ALB/(g/L)	35.63 ± 1.36^{ab}	34.10 ± 1.01^{b}	34.33 ± 1.24^{b}	38.54 ± 0.67^{a}	35.07 ± 1.46^{ab}
球蛋白 GLB/(g/L)	31.83 ± 1.27^{ab}	30.06 ± 1.83^{b}	30.22 ± 1.68^{b}	33.30 ± 1.49^{a}	31.13 ± 1.20^{ab}
白球比 A/G	1.12 ± 0.03^{b}	1.13 ± 0.05^{b}	1.14 ± 0.03^{ab}	1.16 ± 0.07^{a}	1.13 ± 0.04^{b}

葡萄糖 GLU/(mmol/L)	3.96±0.11^{a}	3.63±0.17^{b}	3.72±0.18^{b}	3.90±0.22^{a}	3.96±0.20^{a}
尿素氮 UN/(mmol/L)	245.86±12.54	264.43±10.03	258.67±15.43	264.73±11.97	255.00±12.33
甘油三酯 TG/(mmol/L)	0.73±0.03^{c}	0.72±0.09^{c}	0.70±0.03^{c}	1.00±0.05^{a}	0.85±0.06^{b}
谷丙转氨酶 ALT/(U/L)	24.47±1.34	25.97±2.34	25.63±1.56	24.53±2.52	24.90±1.83
谷草转氨酶 AST/(U/L)	97.30±2.75^{a}	95.97±2.67^{a}	96.47±3.22^{a}	94.96±3.63^{ab}	90.34±2.32^{b}
碱性磷酸酶 ALP/(U/L)	124.86±6.89^{a}	114.20±5.45^{b}	115.73±4.93^{b}	112.97±4.28^{b}	108.95±5.34^{b}
谷氨酰转移酶 GGT/(U/L)	38.00±2.14	36.60±2.73	35.33±1.93	34.57±2.32	35.86±3.02
乳酸脱氢酶 LDH/(U/L)	157.56±4.35	155.73±5.33	157.46±4.29	147.70±3.93	145.50±4.29

2.4 营养物质采食量及表观消化率

由于羊乳成分含量差异较大，本试验只对 3 组饲喂代乳品的羔羊测定了营养物质采食量和表观消化率。由表 6 可知，各种营养物质采食量 A 组显著高于 B、C 组（$P < 0.05$），B、C 组差异不显著（$P > 0.05$）。A、B、C 组羔羊干物质、钙、磷的表观消化率差异不显著（$P > 0.05$）。粗蛋白质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、总能表观消化率 A 组显著高于 B、C 组（$P < 0.05$），且 B、C 组差异不显著（$P > 0.05$）。

表 6　不同饲喂方式对各营养物质的采食量及表观消化率的影响(干物质基础)

Table 6　Effects of different feeding modes on feed intake and apparent digestibility of nutrients (DM basis)

项目 Items	A 组 Group A	B 组 Group B	C 组 Group C
干物质采食量 DM feed intake/（g/d）	496.80±18.64^{a}	424.72±16.04^{b}	432.18±16.73^{b}
干物质表观消化率 DM apparent digestibility/%	88.37±2.64	89.34±3.15	87.83±2.96
粗蛋白质采食量 CP feed intake/（g/d）	27.36±1.35^{a}	23.65±1.73^{b}	24.32±1.96^{b}
粗蛋白质表观消化率 CP apparent digestibility/%	76.63±1.84^{a}	75.48±1.23^{b}	74.52±1.63^{b}
中性洗涤纤维采食量 NDF feed intake/（g/d）	56.60±3.38^{a}	46.72±3.92^{b}	47.88±3.50^{b}
中性洗涤纤维表观消化率 NDF apparent digestibility/%	76.52±0.54^{a}	71.23±0.66^{b}	70.82±0.55^{b}
酸性洗涤纤维采食量 ADF feed intake/（g/d）	27.65±1.53^{a}	23.53±1.26^{b}	24.04±1.43^{b}
酸性洗涤纤维表观消化率 ADF apparent digestibility/%	70.63±3.27^{a}	64.32±3.28^{b}	65.37±4.23^{b}
总能采食量 GE feed intake/（MJ/d）	6.15±0. 27^{a}	5.84±0.24^{b}	5.87±0.19^{b}
总能表观消化率 GE apparent digestibility/%	85.14±2.78^{a}	82.52±2.33^{b}	82.83±3.26^{b}
钙采食量 Ca feed intake/（g/d）	0.71±0.06^{a}	0.62±0.05^{b}	0.63±0.05^{b}
钙表观消化率 Ca apparent digestibility/%	46.73±0.94	45.73±0.78	47.32±0.37
磷采食量 P feed intake/（g/d）	0.64±0.05^{a}	0.58±0.05^{b}	0.57±0.05^{b}
磷表观消化率 P apparent digestibility/%	73.43±1.37	73.94±2.32	74.29±1.94

3 讨　论

3.1 不同饲喂方式对羔羊体重、平均日增重的影响

在本试验中，30～50 日龄期间 A、B、C 组羔羊生长缓慢，而 D、E 组羔羊增重则有明显的优势，这与李广等[7]研究的代乳品对羔羊生长性能影响的生长趋势一致，出现这种现象

的原因是因为代乳品中的植物性原料含有少量纤维成分，制约了羔羊的消化吸收[8]，另外，与代乳品的营养水平及消化率也有关系。50～60日龄期间，虽然A、B、C组羔羊的体重仍低于D、E组，但平均日增重已经显著高于E组；在60～70日龄期间，A、B组平均日增重已显著高于D、E组，出现这一现象的原因是代乳品组羔羊平稳度过了断奶的应激期，并完全适应了代乳品的饲喂，代乳品又较全面地满足了羔羊的营养需求，对促进羔羊的生长发育有明显促进作用，对照组羔羊母乳的供给量和营养已不能满足羔羊的快速生长需要，使其生产性能潜能难以充分发挥[9]，代乳品饲喂羔羊对其断奶后期的生长存在很大的优势。

整个试验期，B、C组的体重和平均日增重差异不显著，说明提供和母乳营养成分相近的代乳品能够满足羔羊的生长需要，提高代乳品蛋白质和氨基酸水平并未产生对羔羊生产性能有力影响，这和岳喜新等[10]研究的 25%的蛋白水平优于 21%、29%的结果一致，这可能是高营养水平的代乳品营养成分配比不平衡所致。A组体重及全期平均日增重高于B组，D组体重及全期平均日增重高于 E 组，由此结果可以说明，无论母乳饲养还是代乳品饲养羔羊，提早补饲开口料对其生长发育都有积极意义。

3.2　不同饲喂方式对羔羊体尺的影响

从羔羊体尺增长情况来看，D组体尺指标均高于E组，A组体尺指标均高于B组。由此可以说明，提早对羔羊补饲开口料能增加羔羊体尺的增长速度，这与江喜春等[11]研究的试验结果一致。试验B、C组体尺差异始终不显著，与体重、平均日增重及血清生化指标变化一致，表明整个有机体的统一性和协调性。

3.3　不同饲喂方式对羔羊血清生化指标的影响

血清中总蛋白、白蛋白、球蛋白及尿素氮的浓度变化能准确反映机体蛋白质代谢和饲料蛋白质的利用效率。机体通过平衡合成代谢和分解代谢维持血清总蛋白和白蛋白稳定，饲粮蛋白质水平不影响血清总蛋白、白蛋白、球蛋白含量。当饲粮中营养物质不平衡、适口性不好或消化不良时，羔羊采食量降低，能量摄入不足，会引起羔羊血清总蛋白含量下降[12]。本试验结果表明，70日龄时，A、D、E组血清白蛋白、球蛋白含量差异不显著，但D组有增高趋势，B、C、E组差异不显著，但E组有增高趋势。此结果可能是由于代乳品中含有植物蛋白质，而羔羊消化蛋白质的消化系统尚未发育成熟，皱胃产生的消化酶只能消化乳蛋白，造成羔羊蛋白质摄入量不足。此外，羔羊自身调节能力有限，对蛋白质不足的反应更为

敏感。

血清葡萄糖是动物机体能量平衡的重要指标，反映机体内糖的生成和组织消耗之间的一个动态平衡，血清葡萄糖含量的变化反映了机体所处的生理状态，在一定程度上和生长速度成正相关。本试验结果表明，70 日龄时，A、D、E 组血清葡萄糖含量差异不显著，且高于 B、C 组。田兴舟等[13]认为高产动物血清葡萄糖含量高于低产动物，本试验结果也证实了这一现象。血清尿素氮为蛋白质代谢后产物，是反映机体氮代谢的一个重要指标，血清尿素氮含量受进食氮的影响较大，当饲粮中含氮物质增多或蛋白质利用率降低时均可引起血清尿素氮含量升高。本试验的血清尿素氮含量各组差异不显著，表明代乳品的氨基酸比例合理，各种营养物质平衡与其生长性能相适应，对血清尿素氮含量没有产生显著的影响，这与岳喜新等[14]研究的结果一致。血清甘油三酯是脂肪代谢的产物，是反映脂肪消化吸收状态的直接指标，本试验结果表明，吃母乳的羔羊脂肪吸收优于吃代乳品羔羊，造成这一现象的原因可能是代乳品中脂肪消化吸收率不及乳脂肪。

谷丙转氨酶和谷草转氨酶是广泛存在于动物线粒体中的重要的氨基酸转氨酶，其活性亦是反映肝细胞和心脏细胞受损伤的主要敏感指标。本试验结果血清谷丙转氨酶活性各组差异不显著，谷草转氨酶活性代乳品组显著高于母乳组，但都在正常范围内，造成这一现象的原因可能与大豆蛋白质的消化吸收有关[15]。碱性磷酸酶是广泛分布于肝脏、骨骼、肠和肾等组织经肝脏向胆外排出的一种酶，与肝脏和骨骼的代谢密切相关，因其是具有遗传标记的同工酶，其活性与动物的平均日增重呈显著正相关。本试验结果表明，在 70 日龄时 A 组血清碱性磷酸酶活性显著高于其他各组，这与羔羊的试验后期平均日增重紧密相关。谷氨酰胺脱氢酶主要存在肝细胞膜和微粒体上，参与谷胱甘肽的代谢。在肝脏中广泛分布于肝细胞的毛细胆管一侧和整个胆管系统，当肝内合成亢进或胆汁排出受阻时，血清中谷氨酰胺脱氢酶活性增高。乳酸脱氢酶是一种糖酵解酶，存在于机体所有组织细胞的胞质内。在 70 日龄时，各组羔羊血清中谷氨酰胺脱氢酶和乳酸脱氢酶活性差异不显著，说明代乳品饲喂羔羊对其内脏发育及机体代谢无不良影响。

3.4　不同饲喂方式对羔羊营养物质采食量和表观消化率的影响

动物饲粮营养水平与营养物质的表观消化率有直接关系，本试验在试验末期对 A、B、C 组羔羊进行了消化代谢试验，结果显示，A 组羔羊各营养物质采食量显著高于 B、C 组，

B、C 组差异不显著，这一现象的可能与 A 组羔羊补饲开口料有关。A、B、C 组羔羊对干物质、钙、磷的表观消化率差异不显著，钙、磷表观消化率高于江喜春等[11]研究的不同能量水平的代乳品对羔羊钙、磷表观消化率的结果，与王海超等[16]研究的代乳品对湖羊羔羊钙、磷的表观消化率的结果基本一致，但磷的表观消化率低于王海超等[16]的研究结果，可能原因是本试验代乳品原料大多是植物原料，而植物原料中磷的生物利用率较低，因为这部分磷与肌醇六磷酸相结合，导致磷的利用率受限制[17]。

A 组的粗蛋白质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、总能的表观消化率显著高于 B、C 组，营养物质表观消化率较高，吸收的营养物质较多，使得 A 组的增重效果比 B、C 组好，而 B、C 组差异不显著。造成这一现象的原因可能是 A 组补饲开口料能促进羔羊瘤胃的发育，使得 A 组营养物质表观消化率最高。本试验中，B、C 组的表观消化率差异较小。李凤鸣等[18]研究表明，羔羊生长发育过程中，消化酶的分泌是有限的，这就限制碳水化合物、纤维和蛋白质的消化。饲喂较高蛋白质水平的代乳品可能会造成营养物质的摄入量超过羔羊生长的需要，使羔羊产生相应的营养性代谢障碍，而较低水平又会使羔羊摄入的营养物质无法满足自身的需求[19]。因此，依据山羊乳营养成分配制代乳品完全可以满足羔羊的生长发育需要，高蛋白质水平的代乳品对羔羊的营养代谢反倒造成负担。

4 结 论

① 饲喂代乳品对羔羊的体重、体尺、血清生化指标、营养物质表观消化率有一定的影响，综合考虑，羔羊 30 日龄后完全饲喂代乳品是可行的，且对 30 日龄羔羊补饲开口料能促进其生长发育。

② 羔羊在 30～50 日龄和 50～70 日龄时饲喂蛋白质含量为 25.00%和 23.00%的代乳品其生长性能优于蛋白质含量为 27.20%和 25.20%的代乳品。

③ 羔羊代乳品加开口料的饲喂模式可实现羔羊的早期断奶，具有一定的推广价值。

参考文献：

[1] 李建国,孙凤莉,李英,等.代乳粉对羔羊生产性能及血液生化指标的影响[J].动物营养学报,2006,18(1):37–42.

[2] GLIMP H A.Effect of diet composition on performance of lambs reared from birth on milk replacer[J].Journal of Animal Science,1972,34(6):1085–1088.

[3] RUEDA A,VALVERDE A,FERNANDEZ J A,et al.Biliary secretion in suckling goats:the effect of maternal milk and of a lamb milk replacer[J].Archives of Physiology and Biochemistry,1996,104(2):239–245.

[4] SARKER M B,ALAM M H,SAHA B K,et al.Effects of soybean milk replacer on growth,meat quality,rumen and gonad development of goats[J].Small Ruminant Research,2015,130:127–135.

[5] 刁其玉,屠焰,张仲伦,等.羔羊代乳粉营养特点与效果验证研究[J].中国草食动物科学,2002(S1):151–156.

[6] 岳喜新,刁其玉,邓凯东,等.羔羊代乳粉蛋白质来源和水平的研究进展[J].动物营养学报,2010,22(4):851–855.

[7] 李广,韩雄,贾晶,等.不同能量水平代乳料对羔羊生长性能的影响[J].中国草食动物科学,2014(S1):302–306.

[8] 孙凤莉,李英,郑长山,等.代乳粉对羔羊生产性能、体尺和腹泻率的影响[J].饲料研究,2006(10):1–4.

[9] 李晓燕,董伟,魏晓燕,等.补饲代乳粉对哺乳期羔羊体重和体尺的影响[J].家畜生态学报,2016,37(3):69–72.

[10] 岳喜新,刁其玉,马春晖,等.代乳粉蛋白质水平对早期断奶羔羊生长发育和营养物质代谢的影响[J].中国农学通报,2011,27(3):268–274.

[11] 江喜春,夏伦志,张乃锋,等.代乳粉能量水平对早期断奶湖羊羔羊生长性能和物质代谢的影响[J].中国畜牧杂志,2015,51(7):50–53.

[12] 王桂秋,刁其玉,罗桂河,等.羔羊断奶日龄对生长和血清指标的影响[J].动物营养学报,2007,19(1):23–27.

[13] 田兴舟,肖玉贵,李明忠,等.代乳粉对黔北麻羊断奶羔羊生长性能和血浆生化指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(9):2928–2939.

[14] 岳喜新,刁其玉,马春晖,等.早期断奶羔羊代乳粉饲喂水平对营养物质消化代谢及血清生化指标的影响[J].中国农业科学,2011,44(21):4464–4473.

[15] 许先查,王建红,刁其玉,等.代乳粉的饲喂水平对犊牛消化代谢及血清生化指标的影响[J].动物营养学报,2011,23(4):654–661.

[16] 王海超,张乃锋,柴建民,等.人工哺育代乳粉对湖羊双胎羔羊生长发育、营养物质消化和血清学指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(2):436–447.

[17] LEE H J,KHAN M A,LEE W S,et al.Growth,blood metabolites,and health of Holstein calves fed milk replacer containing different amounts of energy and protein[J].Asian Australasian Journal of Animal Sciences,2008,21(2):198–203.

[18] 李凤鸣,雒秋江,牛越峰,等.不同代乳条件下 1～35 日龄羔羊瘤胃及其微生物群落的发育[J].动物营养学报,2015,27(5):1567–1576.

[19] HERNÁNDEZ-CASTELLANO L E,MORENO-INDIAS I,MORALES-DELANUEZ A,et al.The effect of milk source on body weight and immune status of lambs[J].Livestock Science,2015,175:70–76.

Milk Replacer and Starter on Growth Performance, Serum Biochemical Indexes and Nutrient Apparent Digestibility of Lambs during Mid-Late Lactation

FU Yuyang　BAI Yunfeng*　TU Yuanlu　GAO Lipeng　YAN Shaohua

(*Luhe Animal Science Base*, *Jiangsu Academy of Agricultural Sciences*, *Nanjing* 210014, *China*)

Abstract: This study was to research the effects of feeding milk replacer and starter on growth performance, serum biochemical indexes and nutrient apparent digestibility of lambs during mid-late lactation. Seventy five 30-day-old lambs with similar weight were selected and randomly divided into 5 groups with 3 replicates per group and five lambs per replicate. Lambs were fed milk replacer 1+ starter (group A), milk replacer 1 (group B), milk replacer 2 (group C), breast milk + starter (group D) and breast milk (group E), respectively. At 30, 40, 50, 60, 70 days of age, body weight and body size were measured. A total of 3 consecutive days of fecal sampling was carried out to determine nutrient apparent digestibility at 68 to 70 day of age. Jugular venous blood was collected at 70 days of age to determine serum biochemical indexes. The results showed as follows: 1) at 30, 40, 50, 60, 70 days of age, body weight, body length, body height and heart girth of group D were higher than those of groups A and E, group E was higher than group B, and there were no significant differences between groups B and C (P>0.05); but during 60 to 70

---

*Corresponding author, professor, E-mail: blinkeye@126.com　(责任编辑　王智航)

days of age, average daily gain of group A was significantly higher than that of group D ($P<0.05$), group B was significantly higher than group E ($P<0.05$). 2) Serum urea nitrogen content and the activities of alanine aminotransferase, glutamyl transferase, lactate dehydrogenase were not significant different among groups ($P>0.05$); serum total protein and triglyceride contents of group D were significantly higher than those of group A ($P<0.05$), triglyceride content of group E was significantly higher than that of groups B and C ($P<0.05$); there were no significant differences of serum albumin and globulin contents among groups A, D and E ($P>0.05$), but group D has higher values, group E was significantly higher than groups B and C ($P<0.05$); serum glucose content of groups A, D and E was significantly higher than that of groups B and C ($P<0.05$); serum alkaline phosphatase activities of group A was significantly higher than that of other groups ($P<0.05$); all the above serum biochemical indexes of groups B and C were not significantly different ($P>0.05$). 3) feed intakes of various nutrients of group A were significantly higher than those of groups B and C ($P<0.05$), and the differences were not significant between groups B and C ($P>0.05$); the apparent digestibility of dry matter, calcium and phosphorus had no significant difference among groups ($P>0.05$); the apparent digestibility of gross energy, crude protein, neutral detergent fiber and acid detergent fiber of group A was significantly higher than that of groups B and C ($P>0.05$), groups B and C had no significant difference ($P>0.05$). It is concluded that feeding milk replacer and starter has different effects on performance, serum biochemical indexes and apparent digestibility of nutrients of lambs, the feeding mode of milk replacer and starter can realize early weaning of lambs, which has certain value of popularization.

Key words: lamb; milk replacer; growth performance; serum biochemical index; nutrient apparent digestibility